



ALGUNS ASPECTOS DA PALEOICTIOFAUNA E DO PALEOAMBIENTE DO APTIANO INFERIOR DA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS ⁽¹⁾

(Com 2 figuras)

ANGELO F. MAFFIZZONI ⁽²⁾

RESUMO: Análise efetuada em sedimentito fossilífero, proveniente da Formação Coqueiro Seco (Pedreira Atol, Mina IV: 09° 45' 5,1" S e 36° 09' 33,8" W), Aptiano Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, revelou a presença de Clupeomorfos, Semionotiformes (*Lepidotes* Agassiz, 1832), Actinistia (*Mawsonia* Woodward, 1907) e de ostracodes da espécie *Cypridea africana* (Krommelbein, 1965). *Lepidotes* e *Mawsonia* são comuns em paleoambientes lacustres e *Cypridea africana* é meso-halina. Os resultados da difratometria de raios X revelam uma composição mineral indicativa de deposição continental, e os dados obtidos, através dos biomarcadores e dos isótopos estáveis de oxigênio, demonstram uma salinidade mais elevada que a da água doce. Há, também, a presença de matéria orgânica em quantidades significativas. Os resultados geoquímicos e a paleofauna (peixes e ostracodes) são indicadores de um paleoambiente não marinho, meso-halino. A matéria orgânica e a estratificação da coluna d'água poderiam formar zonas disóxicas próximas ao fundo que, em determinadas circunstâncias, causariam eventos de mortalidade em massa.

Palavras-chave: Formação Coqueiro Seco, Bacia de Sergipe-Alagoas, Aptiano Inferior, paleoictiofauna, paleoambiente.

ABSTRACT: Some aspects of the palaeoichthyofauna and palaeoenvironment of the Lower Aptian of the Sergipe-Alagoas Basin.

The analysis of fossiliferous rocks of the Coqueiro Seco Formation (Atol Quarry, Mine IV: 09° 45' 5,1" S and 36° 09' 33,8" W), Lower Aptian of the Sergipe-Alagoas Basin has revealed the presence of Clupeomorpha, Semionotiformes (*Lepidotes* Agassiz, 1832), Actinistia (*Mawsonia* Woodward, 1907) besides ostracods of the species *Cypridea africana* (Krommelbein, 1965). The genera *Lepidotes* and *Mawsonia* are common in lacustrine environments and *Cypridea africana* is mesohaline. The results from X-Ray diffractometry showed a mineral composition indicative of continental deposition and the data obtained through biomarkers and oxygen isotope analysis pointed to salinity levels higher than that of freshwater. There is also a significant quantity of organic matter in the rock. The geochemical results together with the palaeofauna (fish and ostracods) are indicative of a non-marine, mesohaline environment. The presence of organic matter and a possible stratification of the water column may have formed anoxic zones close to the bottom that under certain circumstances could cause episodes of mass mortality.

Key words: Coqueiro Seco Formation, Sergipe-Alagoas Basin, Lower Aptian, palaeoichthyofauna, palaeoenvironment.

INTRODUÇÃO

Analisa-se material proveniente do Membro Morro do Chaves, Formação Coqueiro Seco, Aptiano Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas. As amostras foram coletadas na Mina IV ou Santa Tereza (Pedreira Atol, São Miguel dos Campos - AL), cujas coordenadas, tomadas com um GPS (V. Gallo-da-Silva com. pess.) são: 09°45'5,1"S e 36°09'33,8"W.

Segundo SCHALLER (1969), na Bacia de Sergipe-Alagoas, dois tipos de deposição são identificados: o primeiro continental, da parte inferior da seção sedimentar (Cambriano) até a sequência Aptiano-Albiano; o segundo marinho,

que se prolonga até o Terciário Inferior. REGALI & SANTOS (1999) definem o paleoambiente da Bacia de Sergipe-Alagoas, no Aptiano inferior, como não marinho. Os registros ictiofossilíferos revelam a ocorrência de Hybodontidae e Semionotiformes nas Formações Bananeiras e Barra de Itiúba (MALABARBA & GARCIA, 1990); Aspiorhynchiformes, Ichthyodectiformes, Goniorhynchiformes e Clupeomorpha, na Formação Muribeca (JORDAN, 1910; SILVA-SANTOS, 1976, 1985a); Pycnodontiformes, Aspiorhynchiformes, Ichthyodectiformes, Elopomorpha, Goniorhynchiformes e *Leptolepis*, na Formação Riachuelo (SILVA-SANTOS, 1981,

¹ Entregue em 31/07/2002. Aceito em 28/03/2002.

Trabalho desenvolvido no Laboratório de Paleontologia, Museu de Ciências e Tecnologia – PUC-RS, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Ciências Morfo-Biológicas. Av. Itália, Km 8, Campus Carreiros, 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil. E-mail: dmbangel@furg.br

1985b); e *Enchodus* na Formação Cotinguiba (SILVA-SANTOS & SALGADO, 1969).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PALEOICTIOFAUNA

De uma amostragem analisada de dez exemplares, há cinco teleosteos, sendo dois clupeomorfos, um Semionotidae (*Lepidotes* Agassiz, 1832), um Actinistia (gênero *Mawsonia* Woodward, 1907) e três ainda indeterminados (MAFFIZZONI, 2000). Segundo GALLO-DA-SILVA (1998), há inúmeros registros de *Lepidotes* sp. em paleoambientes lacustres, nas várias bacias marginais brasileiras, e há uma considerável diminuição nas ocorrências fossilíferas do gênero com a formação do proto-oceano Atlântico. CARVALHO & MAISEY (1999) afirmam que todas as espécies descritas do gênero *Mawsonia* ocorrem em sedimentitos lacustres.

ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE OXIGÊNIO

A razão isotópica do oxigênio em apatita ($\delta^{18}\text{O}_p$) pode fornecer dados para estimativas de paleotemperatura e paleosalinidade (KOLODNY & LUZ, 1991). Os resultados dos isótopos estáveis de oxigênio em três amostras de apatita, cujas análises foram realizadas no Instituto de Geoquímica da Universidade de Tübingen, são os seguintes: 1) $\delta^{18}\text{O}_p = 20,9\text{‰}$; 2) $\delta^{18}\text{O}_p = 19,3\text{‰}$; 3) $\delta^{18}\text{O}_p = 20,4\text{‰}$. KOLODNY & LUZ (1991) determinaram a razão isotópica em esqueletos e dentes de 159 tipos de peixes fósseis, previamente discriminados como de hábitos marinhos e de água doce. Em 79,66% dos peixes marinhos $\delta^{18}\text{O}_p \geq 18\text{‰}$, enquanto em 86,49% dos de água doce $\delta^{18}\text{O}_p < 18\text{‰}$. Entre os últimos foi registrado o valor mais baixo de $\delta^{18}\text{O}_p$ (6,0‰). Assim que valores de $\delta^{18}\text{O}_p$ superiores a 18‰, obtidos em peixes de procedência marinha, indicam paleoambientes marinhos ou sob influência marinha, ou, simplesmente, com concentrações de sais acima daquelas que normalmente ocorrem em água doce, enquanto que fósseis com baixos valores de $\delta^{18}\text{O}_p$ revelam ambientes deposicionais em água doce. Vale dizer, porém, que os resultados de $\delta^{18}\text{O}_p$ de KOLODNY & LUZ (1991) corroboram conhecimentos prévios sobre o paleo-habitat dos peixes analisados. Os dados deste trabalho recebem tratamento diferente. A partir dos resultados de $\delta^{18}\text{O}_p$ deduz-se a salinidade do paleoambiente, já que há uma clara divisão entre os valores de $\delta^{18}\text{O}_p$ obtidos por KOLODNY & LUZ (1991) para os peixes

marinhos e para os de água doce. A simples obtenção de dados sobre a salinidade, porém, não revela se o ambiente deposicional é marinho ou lacustre, pois a água do mar tem composição iônica diferente da de lagos salgados (GOLDMAN & HORNE, 1983). O sal comum (NaCl) constitui 90% ou mais de todo o sal no mar (MACINTYRE, 1971), enquanto a salinidade das águas continentais é, normalmente, determinada por cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio e por ânions carbonato, sulfato e cloreto, na seguinte proporção: $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ e $\text{CO}_3^{--} > \text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^-$ (WETZEL, 1981). Os resultados obtidos com as análises de isótopos estáveis de oxigênio, nas amostras de apatita da Pedreira Atol, indicam que a salinidade do ambiente era maior que as encontradas em água doce.

BIOMARCADORES

Marcadores biológicos, ou biomarcadores, são compostos orgânicos presentes nos sedimentitos que possuem estruturas químicas relacionadas às moléculas orgânicas biológicas atuais. Constituem um notável registro da atividade biológica do passado e auxiliam na reconstrução do ambiente de deposição (FARRIMOND & EGLINTON, 1990). Os resultados da análise geoquímica da amostra (Fig.1), realizada no Centro de Excelência em Geoquímica do CENPES/Petrobras, indicam, segundo as comunicações pessoais de E.V. dos Santos Neto e de L.A. Trindade, o seguinte:

- 1) razão pristano/fitano = 1,19: salinidade alta;
- 2) razão $n\text{C}_{17}/n\text{C}_{17}+n\text{C}_{17} = 0,70$: pouco aporte continental;
- 3) razão pristano/ $n\text{C}_{17} = 3,27$ e fitano/ $n\text{C}_{18} = 3,53$: baixo nível de evolução térmica;
- 4) razão C_{29} esteranos $\alpha\beta\beta/\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha = 0,19$: menos evoluída termicamente que outras formações, mesmo que de outras bacias, como Alagamar;
- 5) razão gamacerano/ C_{30} hopano = 0,70: salinidade alta, podendo indicar também estratificação na coluna de água;
- 6) razão hopano/esterano = 1,40: significativo aporte de matéria orgânica de origem bacteriana;
- 7) razão triciclo/hopano = 1,15: pouca maturação e também ambiente salino, pois em água doce esta razão é mais baixa;
- 8) esterano 27 = 30,51%, esterano 28 = 21,73%, esterano 29 = 41,76%: indicam a contribuição de diferentes grupos de algas para a biomassa;
- 9) Carbono orgânico total (TOC) = 5,1%: produção e preservação de matéria orgânica.

Bacia Sergipe-Alagoas, Formação Coqueiro Seco, Membro Morro do Chaves, Pedreira Atol Mina 4
 CS MCH PATOL 4
 amostra 9716801

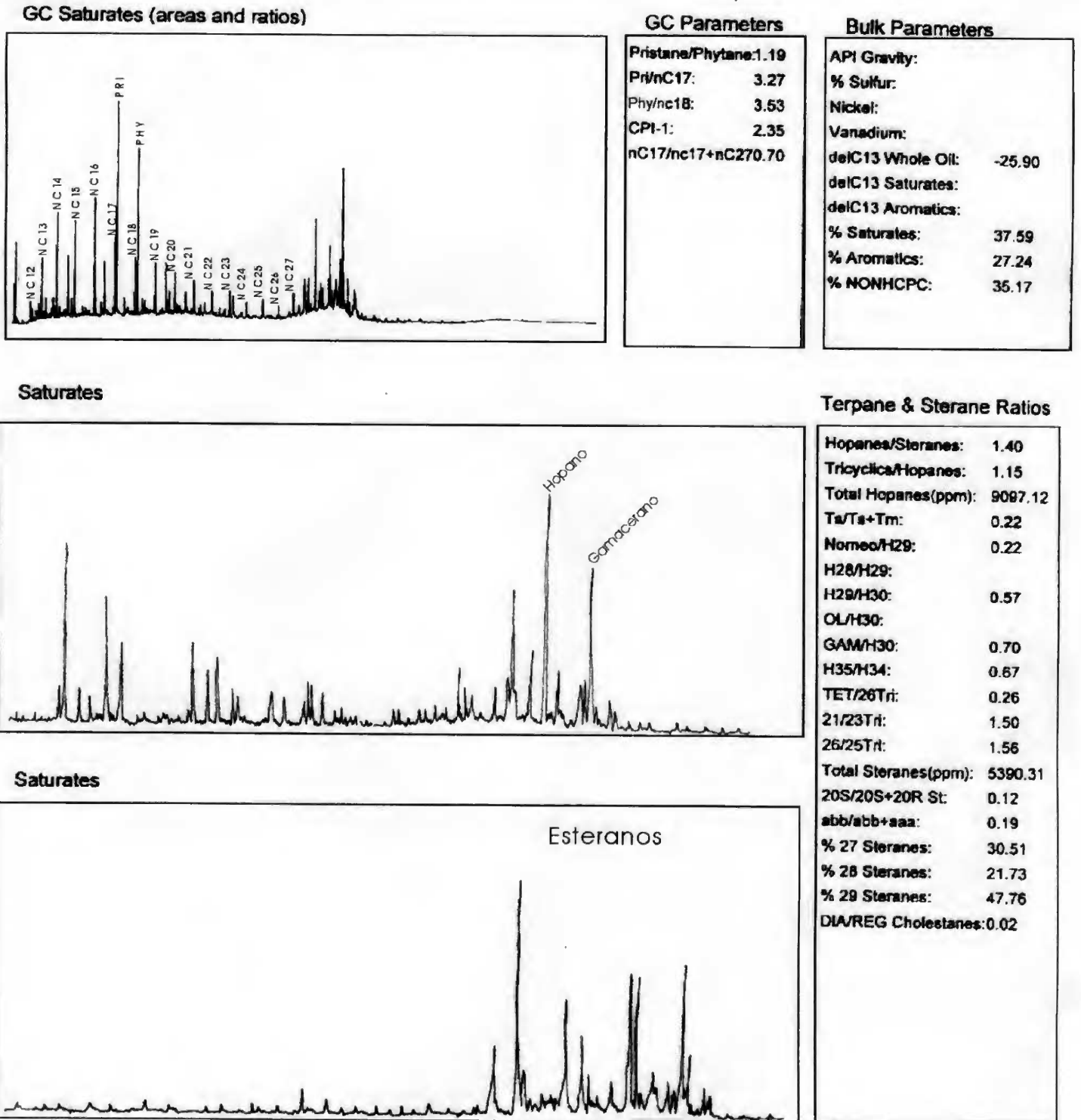


Fig.1 - Sumário da análise geoquímica.

Os biomarcadores, portanto, indicam deposição em paleoambiente de águas com concentrações salinas superiores às de água doce, e com relativa abundância de matéria orgânica.

OSTRACODES

Foi detectada a presença de ostracodes no sedimentito extraído do mesmo local onde se encontravam os fósseis de peixes. Segundo Dermeval do Carmo (com. pess.), havia abundância de exemplares em boas condições de preservação (90% das carapaças fechadas) da espécie *Cypridea africana* (Krommelbein, 1965), família Cyprididae. As condições gerais do material podem ser observadas na amostra MCP1088-PI, depositada no Laboratório de Paleontologia do MCT-PUCRS. Segundo BENSON (1961), os cipridídeos são dulciaquícolas. DO CARMO (1998) considera a superfamília Cypridacea não marinha, o que define como aquelas espécies características de ambientes de água doce, salobra e hipersalina, como, por exemplo, *Cypridea araripensis* e *Cypridea* sp., da Fm. Alagamar, que eram eurihalinas de água doce, ou seja, eram capazes de suportar ambientes meso-halinos (5‰ a 18‰).

COMPOSIÇÃO MINERAL

Os folhelhos fossilíferos, onde se realizou a coleta, são compostos por quartzo, muscovita, clorita, ilita e esmectita (Fig.2). Estes resultados foram obtidos a partir da análise por difração de raios X, realizada no Laboratório de Difratometria de Raios X, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em duas amostras do mesmo bloco de folhelhos. O quartzo é o mineral mais abundante da crosta terrestre depois dos feldspatos, sendo um constituinte freqüente de muitas rochas eruptivas, sedimentares e metamórficas; a muscovita ocorre numa extensa gama de sedimentos que sofreram metamorfismo regional (DEER *et al.*, 1966). Os minerais do grupo da clorita são componentes freqüentes de sedimentos argilosos, onde ocorrem tanto sob a forma de detritos, como de cristais autigênicos; derivam da agradação de minerais com estruturas em folhas fracamente organizadas, pela degradação de minerais ferro-magnesianos pré-existentes, e pela cristalização, a partir de soluções diluídas, de seus componentes (DEER *et al.*, 1966). As ilitas dos sedimentos podem ter-se depositado como tal, depois de sua formação por meteorização de silicatos, principalmente feldspatos, e podem ocorrer, também, por degradação da muscovita ou por recristalização em sedimentos coloidais; as esmectitas são abundantes (muitas vezes

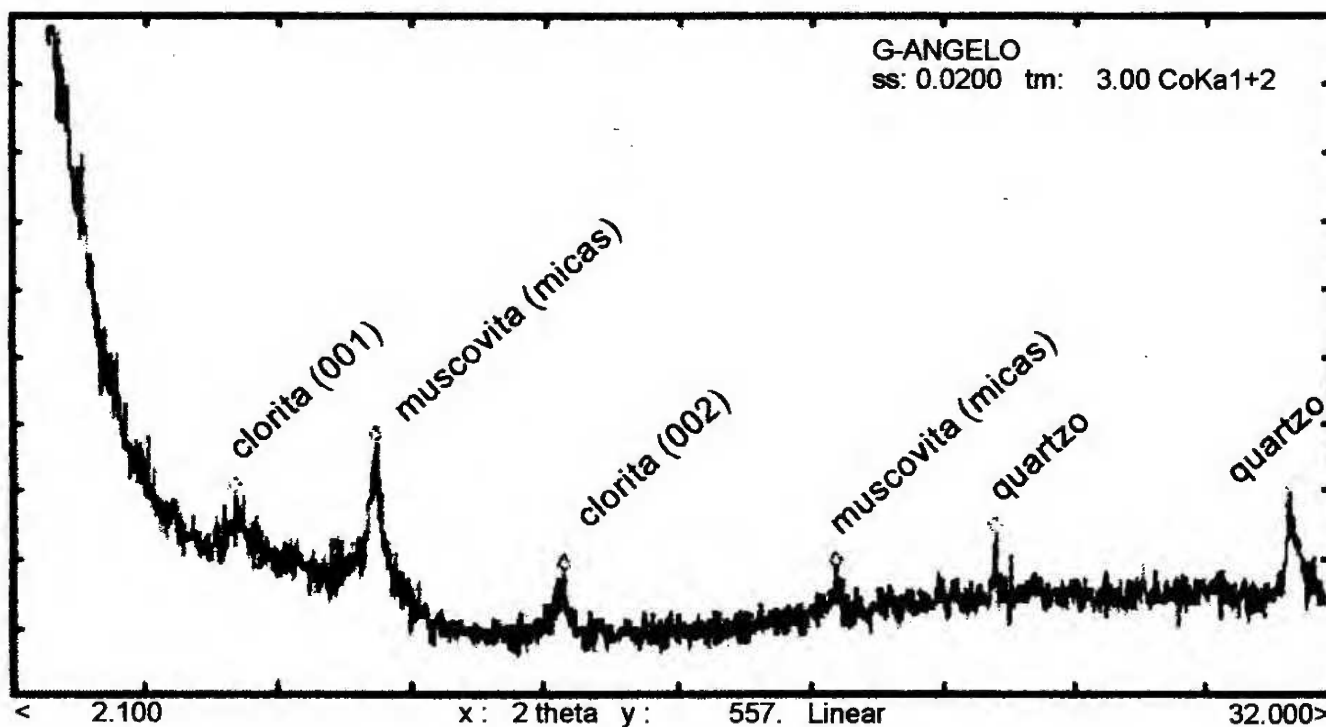
misturadas com ilitas) em solos e em xistos argilosos que resultaram da meteorização de rochas básicas (DEER *et al.*, 1966).

CONCLUSÕES

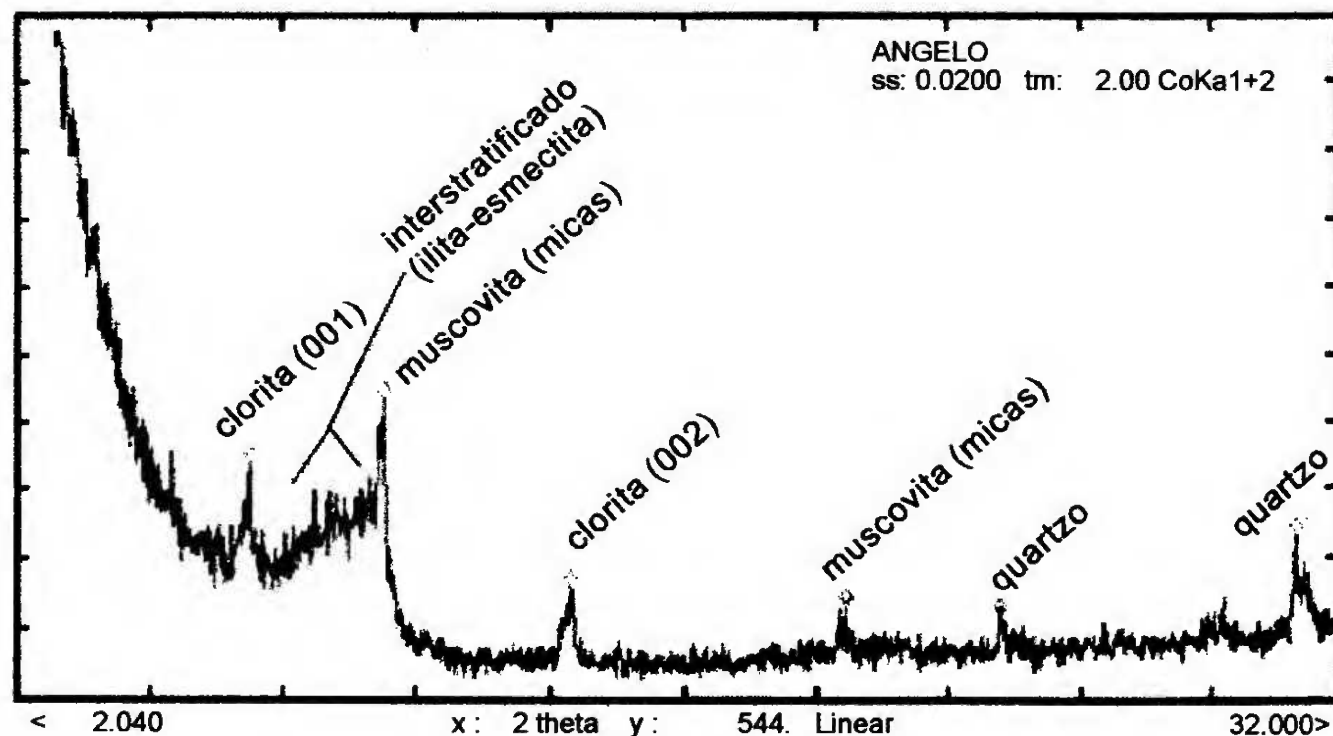
Os resultados das análises difratométricas revelam que a deposição sedimentar foi continental, pela ocorrência de minerais como quartzo, muscovita, clorita, ilita e esmectita. A presença dos gêneros *Mawsonia* e *Lepidotes*, muito comuns em ambientes lacustres, e os resultados de isótopos de oxigênio e de biomarcadores indicam a existência de um paleolago com características meso-halinas (5‰ a 18‰), pelo menos nos locais de ocorrência de *Cypridea africana*. Provavelmente, as populações desta espécie, por suas características meso-halinas, estavam distribuídas em pontos onde havia um significativo afluxo de águas continentais, ou seja, em locais onde a salinidade era mais baixa. Pode-se inferir também, a partir dos resultados das análises efetuadas, que a escassa circulação ocasionava a estratificação da água e o surgimento de zonas disóxicas pela acumulação de matéria orgânica. A interface água doce-salgada propicia um excelente local para a precipitação, ou floculação, de partículas orgânicas e inorgânicas (GOLDMAN & HORNE, 1983). Sob condições de escassez de oxigênio, a atividade das bactérias aeróbicas cessa e a degradação da matéria orgânica limita-se à ação das bactérias anaeróbicas, menos eficientes (FARRIMOND & EGLINTON, 1990). Segundo ALLISON (1990), na maioria dos depósitos de lama, a anoxia normalmente ocorre quando o volume de carbono orgânico excede 5%. Estratificação em bacias pode ser ocasionada pelo afluxo de águas salinas, densas e pobres em oxigênio, ou pelo aporte de águas doces, de densidade mais baixa (FARRIMOND & EGLINTON, 1990). O afluxo de águas continentais, transportando minerais das rochas, a precipitação atmosférica e o equilíbrio entre a evaporação e a precipitação são fatores determinantes da salinidade nas águas continentais (WETZEL, 1981). A estratificação das águas e o acúmulo de matéria orgânica no sedimento são potencialmente causadores de mortandades, que podem ocorrer se algum fenômeno provocar uma ressurgência e esta zona anóxica do fundo atingir toda a coluna d'água. É provável que acontecimentos dessa natureza tenham causado eventos de morte catastrófica dos peixes.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Martha Richter (Universidade Federal do Rio de Janeiro), pelo qualificado e expressivo volume de



1. Amostra G-Angelo



2. Amostra Angelo

Fig.2- Resultado da análise de difratometria de raios X em duas amostras do mesmo bloco de folhelhos fossilíferos da Pedreira Atol.

informações que viabilizaram a realização deste trabalho; aos Doutores Eugenio Vaz dos Santos e Luiz Antônio Trindade (Centro de Pesquisa da Petrobras), pela obtenção e interpretação dos dados sobre os biomarcadores; a Renato Figueira da Silva (Universidade Federal do Rio de Janeiro), pela difratometria de raios X; ao Dr. Torsten W. Vennemann (Universität Tübingen), pela análise isotópica de oxigênio estável; ao Dr. Dermeval Aparecido do Carmo (Universidade de Brasília), pela identificação dos ostracodes; e à pesquisadora Marise S. S. de Carvalho, ao Dr. Paulo Brito (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral) e à Dra. Valéria Gallo da Silva (Universidade Estadual do Rio de Janeiro), por suas valiosas contribuições referentes à paleoictiofauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, P.A., 1990 – Decay process. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (Eds.). **Palaeobiology: a synthesis**. Oxford: Blackwell Scientific Publ. p.213-216.
- BENSON, R., 1961 – Ecology of ostracode assemblages. In: MOORE, R.C. (Ed.). **Treatise on Invertebrate Paleontology**. Lawrence: Geol. Soc. Am. & Univ. of Kansas Press. Parte Q (Arthropoda 3), p.Q56-Q63.
- CARVALHO, M.S.S. & MAISEY, J., 1999 – Ocorrências de peixes celacantídeos no Cretáceo Inferior da bacia do Parnaíba, Estado do Maranhão, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16., Crato. **Resumos...**, Crato: Universidade Regional do Cariri, p.35.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. 1966 – **Minerais constituintes das rochas: uma introdução**. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 558P.
- DO CARMO, D.A., 1998 – **Taxonomia, Paleoecologia e distribuição estratigráfica dos ostracodes da Formação Alagamar (Cretáceo Inferior), Bacia Potiguar, Brasil**. Porto Alegre. 156p. Tese (Doutorado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FARRIMOND, P. & EGLINTON, G., 1990 – The record of organic components and the nature of source rocks. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (Eds.). **Palaeobiology: a synthesis**. Oxford: Blackwell Scientific Publ. p.217-222.
- GALLO-DA-SILVA, V., 1998 – **Revisão das espécies do gênero *Lepidotes* Agassiz, 1832 (Actinopterygii, Semionotiformes) do Mesozóico do Brasil, com comentários sobre as relações filogenéticas da Família Semionotidae**. São Paulo. 2v. Tese (Doutorado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo.
- GOLDMAN, C.R. & HORNE, A.J., 1983 – **Limnology**. New York: McGraw-Hill. 464p.
- JORDAN, D.S., 1910 – Description of a collection of fossil fishes from the bituminous shales at Riacho Doce, State of Alagoas, Brazil. **Annals Carnegie Museum**, Pittsburgh, 7(1):23-34.
- KOLODNY, Y. & LUZ, B., 1991 – Oxygen isotopes in phosphates of fossil fish - Devonian to Recent. In: TAYLOR JUNIOR, H.P.; O'NEIL, J.R. & KAPLAN, I.R. (Eds.). **Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein**. San Antonio: The Geochemical Society. p. 105 -119 (Special Publication n.3).
- MACINTYRE, F., 1971 – Why the sea is salt. In: OCEANOGRAPHY. San Francisco: W.H. Freeman. p.110-121. (**Readings from Scientific American**).
- MAFFIZZONI, A.F., 2000 – **Paleoictiofauna da Formação Coqueiro Seco, Aptiano inferior do Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil**. Porto Alegre. 149 p. Tese (Doutorado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MALABARBA, M.C. & GARCIA, A.J.V., 1990 – Peixes (Semionotidae e Hybodontidae) do Jurássico e Cretáceo da Bacia Sergipe-Alagoas, Brasil. **Paula-Coutiana**, Porto Alegre (4):61-77.
- REGALI, M.S.P. & SANTOS, P.R.S., 1999 – Palinoestratigrafia e geocronologia dos sedimentos albo-aptianos das Bacias de Sergipe e de Alagoas - Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., Serra Negra. **Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simposio sobre el Cretácico de América del Sur**, Rio Claro: DIAS-BRITO, D.; CASTRO, J.C. & ROHN, R. (Eds.), Universidade Estadual Paulista, p.411-419.
- SCHALLER, H., 1969 – Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, 12(1):21-86.
- SILVA-SANTOS, R., 1976 – A paleoictiofauna da Formação Muribeca. **Resumos dos Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 48(4):788.
- SILVA-SANTOS, R., 1981 – Sobre a ocorrência de uma fauna de peixes na Formação Riachuelo, Estado de Sergipe. **Resumos dos Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 53(1):203.
- SILVA-SANTOS, R., 1985a – Sobre a presença do *Vinctifer* Jordan (Pisces, Aspidorhynchiformes) na Formação Muribeca, Estado de Alagoas. In: **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**. Brasília: Ministério das Minas e Energia/Departamento nacional da Produção Mineral. p.147-150. (Série Geologia n.27, Seção Paleontologia e Estratigrafia n.2).
- SILVA-SANTOS, R., 1985b – A ictiofauna da Formação Riachuelo, Estado de Sergipe. In: **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**. Brasília: Ministério das Minas e Energia/Departamento nacional da Produção Mineral. p.141-145. (Série Geologia n.27, Seção Paleontologia e Estratigrafia n.2).
- SILVA-SANTOS, R. & SALGADO, M.S., 1969 – *Enchodus longipectoralis* (Schaeffer), um Teleostei do Cretáceo de Sergipe. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 41(3):381-392.
- WETZEL, R.G., 1981 – **Limnologia**. Barcelona: Ed. Omega. 679p.